

# **Filtragem e Manutenção de Filtros de ar**

Palestrante: Eng. Flávio Augusto Valle do Nascimento

## **Agenda dos trabalhos**

- ✓ Contaminantes do ar
- ✓ Mecanismos de filtragem
- ✓ Classificação dos filtros
- ✓ Como são estes filtros e estruturas
- ✓ Norma de manutenção NBR 13971 (SET1997)
- ✓ Manutenção dos filtros
- ✓ Troca de filtros em caixas BAG IN BAG OUT

## O que é contaminação?

Presença de substâncias estranhas que causarão: falhas no processo, produto, falsos resultados, etc.

- Partículas (sólida ou líquidas)
- Gasosas
- Moléculas
- Íons
- Etc...

## Tamanhos importantes de partículas

- **25 MÍCRONS**: menor partícula visível a olho nu
- **0,5 a 2,0 MÍCRONS**: interesse médico
- **> 10 MÍCRONS**: decantam facilmente
- **2,0 a 10 MÍCRONS**: decantam sem corrente de ar
- **< 0,5 MÍCRONS**: não caem



## **Fontes de contaminação**

- ORIGEM EXTERNA**
- ORIGEM INTERNA**

## Fontes externas

Estado Físico	Condição	Origem Tamanho de partículas	Características Materiais
Sólidos	Pó	<b>Origem:</b> pela erosão do vento, trituração e dispersão de materiais pulverizados – partículas menores de 100 microns.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>Mineral:</b> rochas, gesso, metais, argilas.</li> <li>– <b>Vegetal:</b> pólen, farinhas, fibras, outros.</li> <li>– <b>Animais:</b> escamas da pele, pêlo, lã, outros.</li> </ul>
	Fumaça	<b>Origem:</b> combustão incompleta de substâncias orgânicas – partículas entre 0,01 e 0,3 micron.	– Tabaco, carvão, lenha, petróleo.
		<b>Origem:</b> sublimação e oxidação de metais fundidos – partículas entre 0,1 e 100 microns.	
Líquidos	Orvalho	<b>Origem:</b> atomização de material líquido sob pressão e temperatura.	– Orvalho produzido por espirro.
	Névoas	<b>Origem:</b> condensação de vapores.	– Gotas formadas devido à condensação.
	Vapores	<b>Origem:</b> substâncias sólidas ou líquidas na sua fase gasosa.	– Substâncias no seu estado normal.
Gases		– Não possuem formas, adaptando-se completa e uniformemente ao recipiente que os contém.	
Organismos aéreos vivos	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Vírus</li> <li>● Bactérias</li> <li>● Esporos</li> <li>● Pólen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Flutuam entre 0,005 a 0,1 micron.</li> <li>– 0,4 a 12 microns</li> <li>– 10 a 30 microns</li> <li>– 10 a 100 microns</li> </ul>	– Agrupam-se em colônias ou são aerotransportados por partículas.

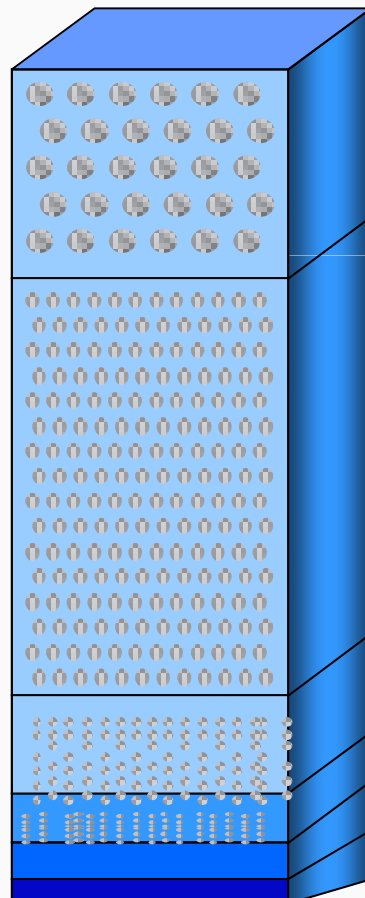
Estado Físico	Condição	Origem Tamanho de partículas	Características Materiais
Sólidos	Pó	<b>Origem:</b> pela erosão do vento, trituração e dispersão de materiais pulverizados – partículas menores de 100 microns.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>Mineral:</b> rochas, gesso, metais, argilas.</li> <li>– <b>Vegetal:</b> pólen, farinhas, fibras, outros.</li> <li>– <b>Animais:</b> escamas da pele, pêlo, lã, outros.</li> </ul>
	Fumaça	<b>Origem:</b> combustão incompleta de substâncias orgânicas – partículas entre 0,01 e 0,3 micron.  <b>Origem:</b> sublimação e oxidação de metais fundidos – partículas entre 0,1 e 100 microns.	– Tabaco, carvão, lenha, petróleo.
Líquidos	Orvalho	<b>Origem:</b> atomização de material líquido sob pressão e temperatura.	– Orvalho produzido por espirro.
	Névoas	<b>Origem:</b> condensação de vapores.	– Gotas formadas devido à condensação.
	Vapores	<b>Origem:</b> substâncias sólidas ou líquidas na sua fase gasosa.	– Substâncias no seu estado normal.
Gases		– Não possuem formas, adaptando-se completa e uniformemente ao recipiente que os contém.	
Organismos aéreos vivos	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Vírus</li> <li>● Bactérias</li> <li>● Esporos</li> <li>● Pólen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Flutuam entre 0,005 a 0,1 micron.</li> <li>– 0,4 a 12 microns</li> <li>– 10 a 30 microns</li> <li>– 10 a 100 microns</li> </ul>	– Agrupam-se em colônias ou são aerotransportados por partículas.

## Quantidade de pó na atmosfera ( $> 0,3 \mu$ )

- **CIDADES INDUSTRIAIS:** 10 milhões por pé cúbico
- **ZONAS RURAIS:** 1 milhão por pé cúbico

(01 pe cúbico  $\cong$  28,1 litros)

## Distribuição da poeira atmosférica

	Tamanho médio das partículas [ $\mu\text{m}$ ]	Número relativo de partículas [%]	Volume [%]	Classes de Filtragem EN779 / EN1822
	20	0,005	28	G1 - G4
	7.5	0,166	52	F5 - F9
	4	0,252	11	
	2	1,08	6	
	0.75	6,32	2	H10 - U17
	0.25	92,175	1	

## **Fontes internas**

- Pessoas
- Processo de fabricação
- Equipamentos
- Ferramentas
- Etc...



## Geração pelas pessoas

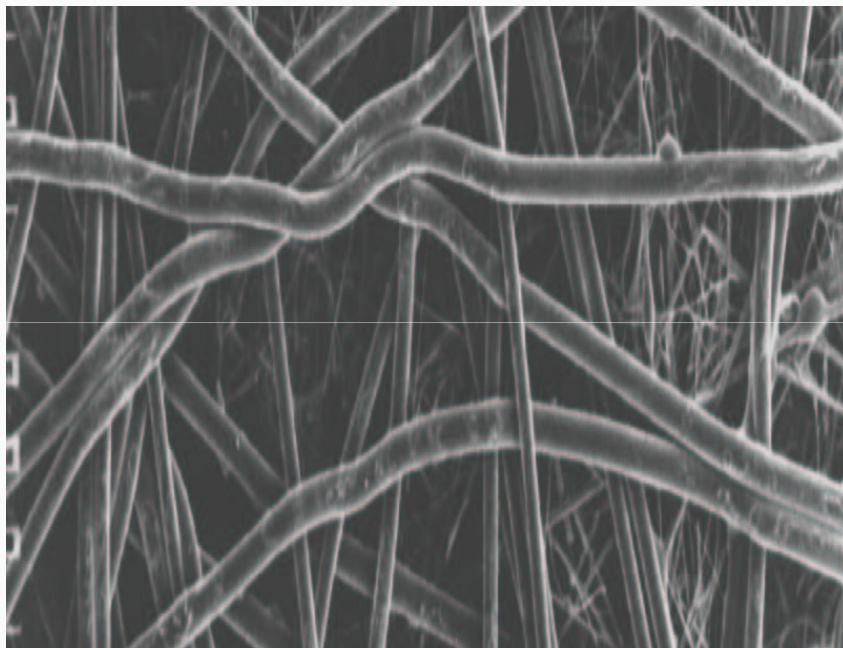
TIPO DE MOVIMENTO	PARTÍCULAS POR MINUTO ( $\geq 0,3$ micron)
Sentado ou em pé (sem movimento).	100.000
Sentado (ligeiro movimento de cabeça, braços e mãos).	500.000
Sentado (ligeiro movimento do corpo e pernas).	1.000.000
Levantando-se, a partir da posição sentada.	2.500.000
Caminhando a aproximadamente 1m/s.	5.000.000
Caminhando a aproximadamente 1,5m/s.	7.500.000
Caminhando, depressa.	10.000.000
Subindo escadas.	10.000.000
Exercício de ginástica.	15.000.000 a 30.000.000

## **Como reter as partículas?**

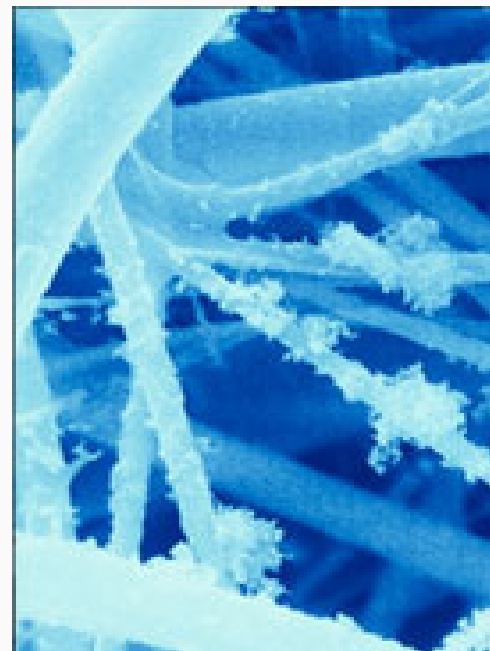
**Para retermos a contaminação  
aérea interna e externa  
utilizamos os sistemas de  
filtragem de ar.**



## Filtragem de ar - meio filtrante

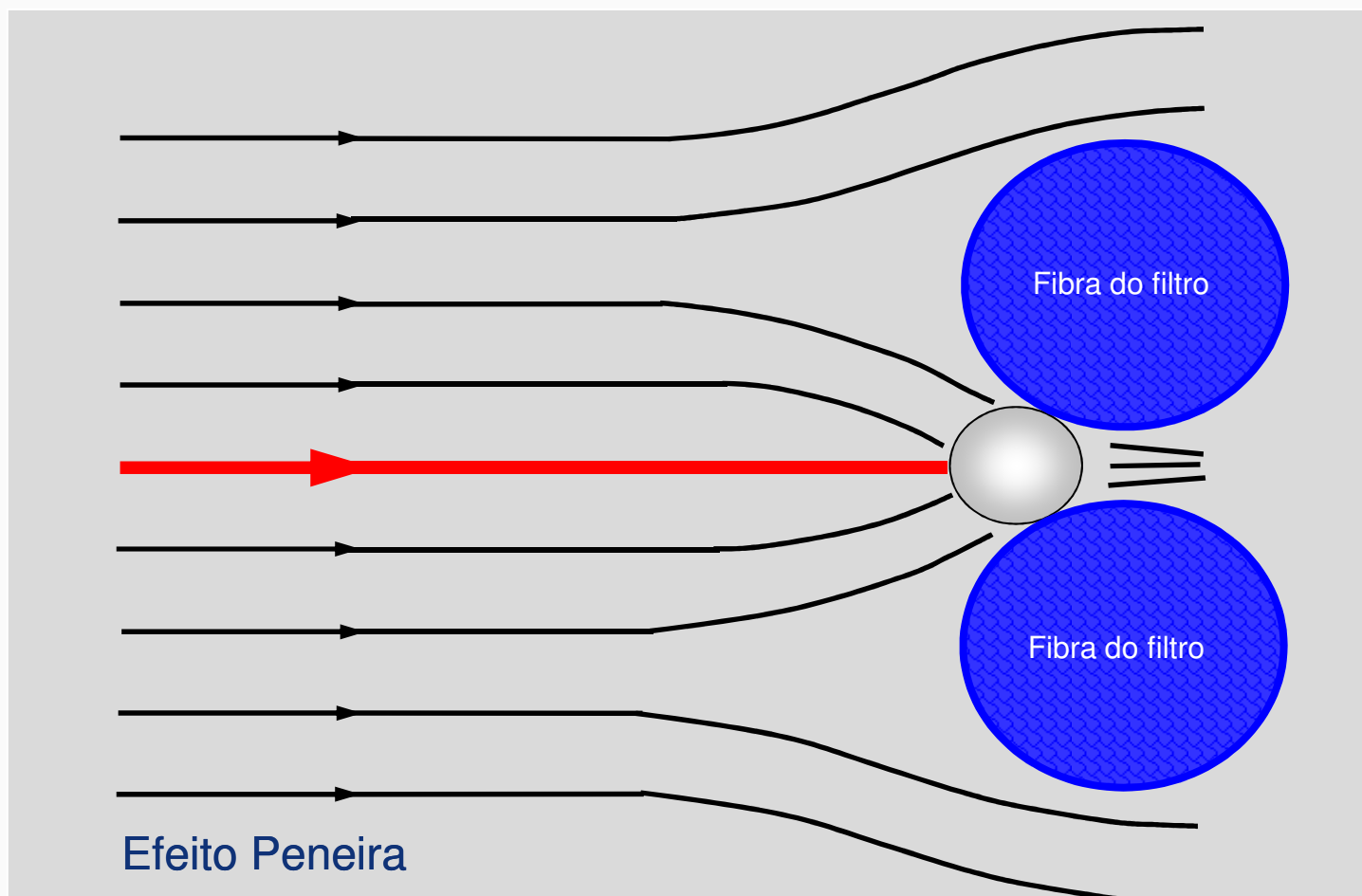


Fibra do filtro limpo

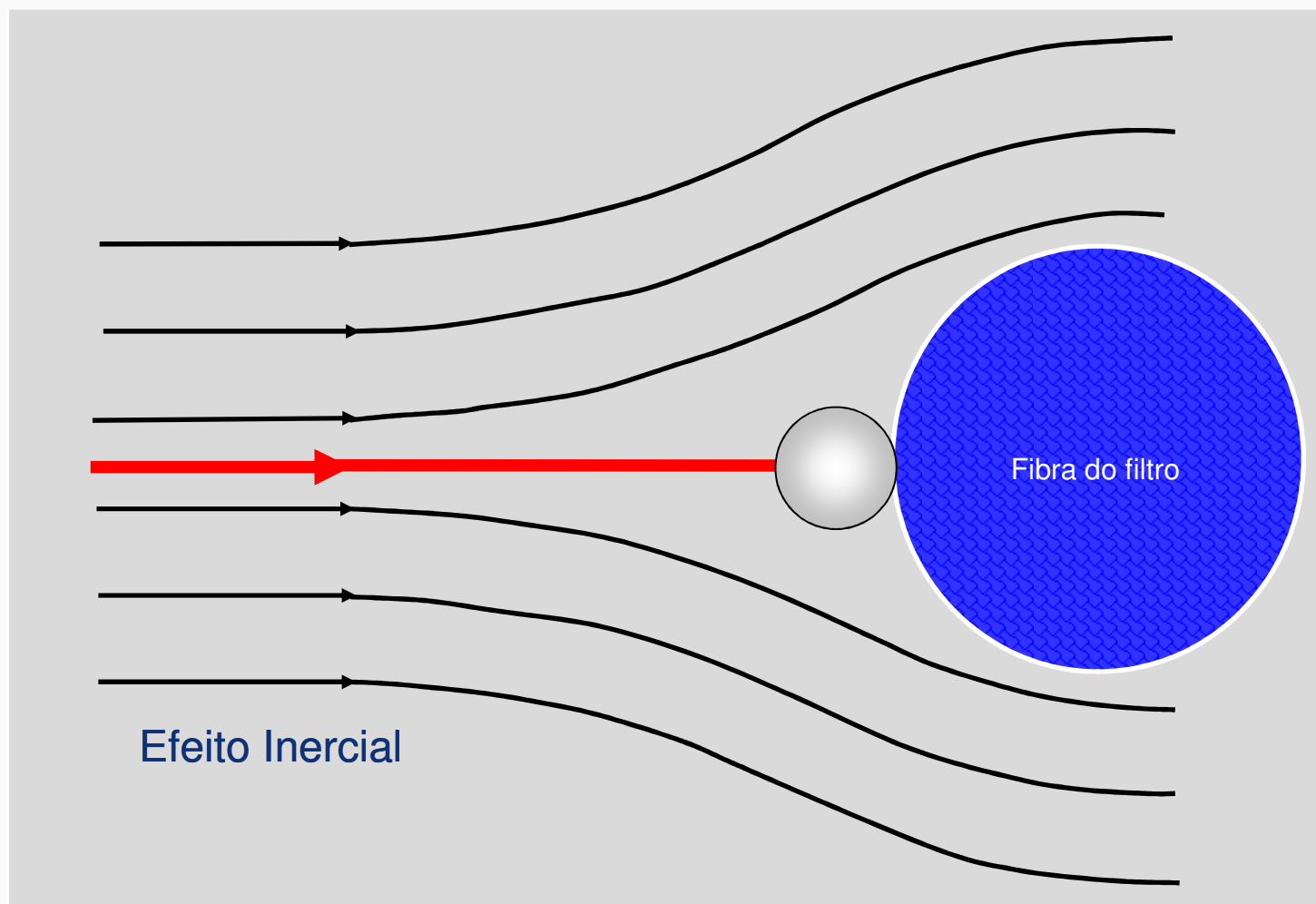


Fibra do filtro com  
partículas retidas

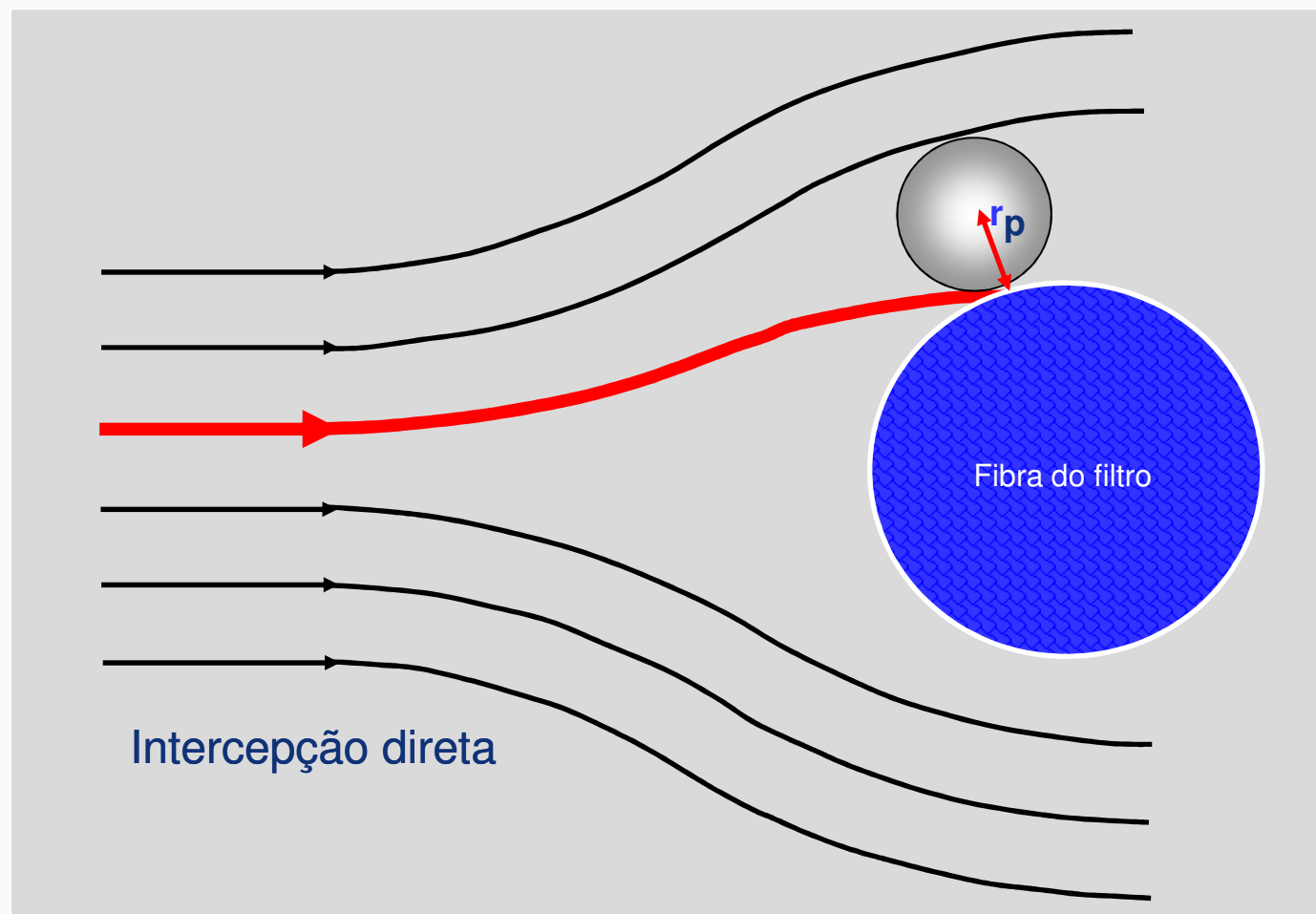
## Filtragem de ar mecanismos de filtragem



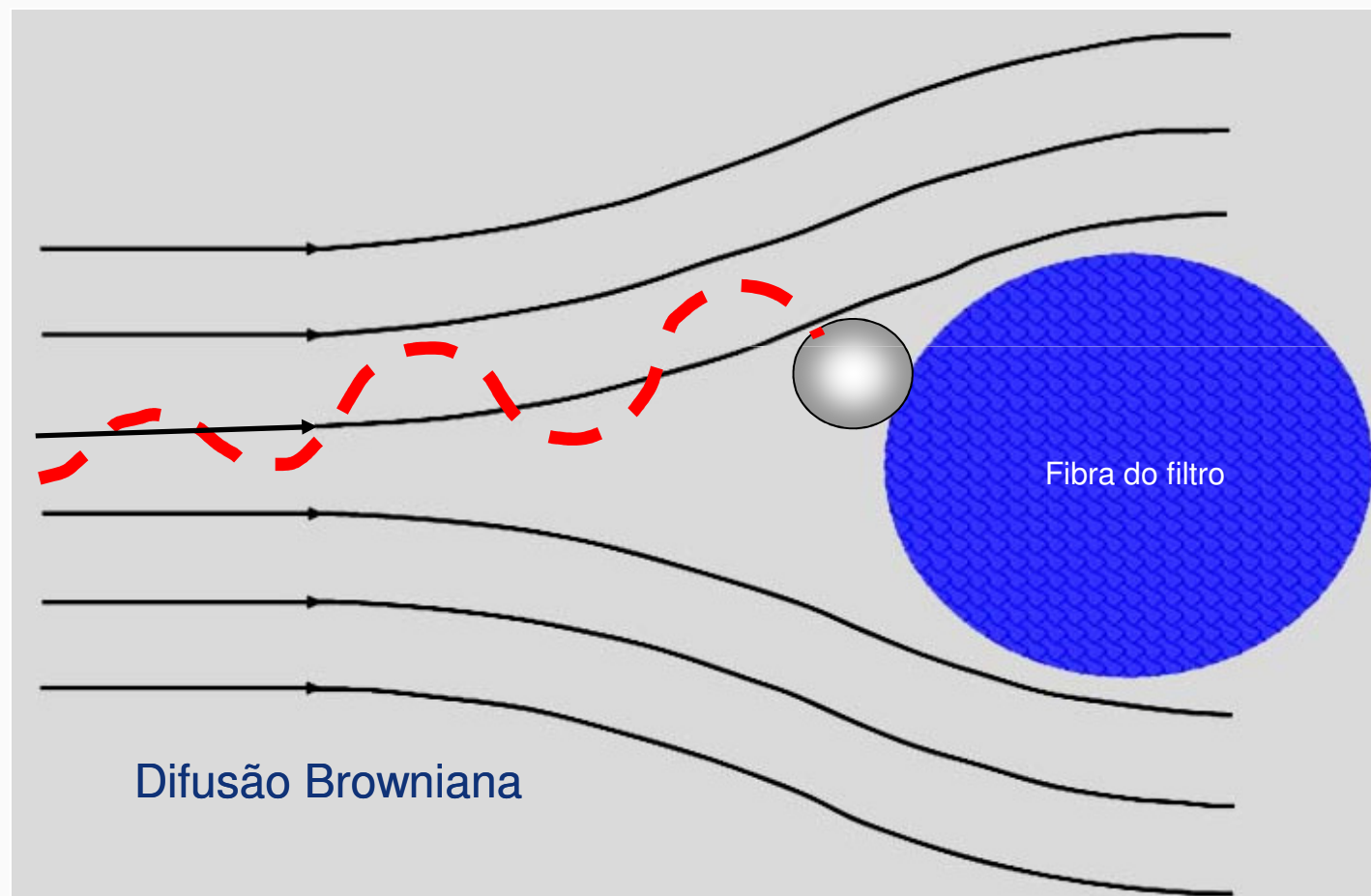
## Filtragem de ar mecanismos de filtragem



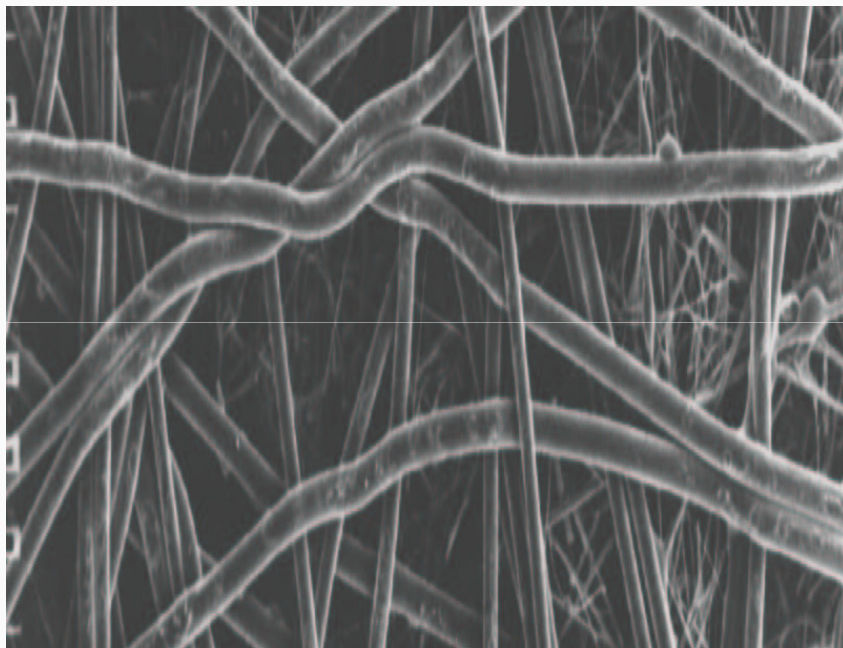
## Filtragem de ar mecanismos de filtragem



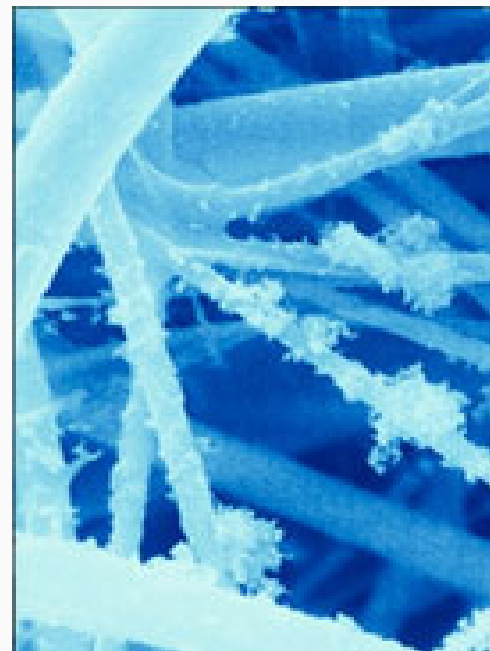
## Filtragem de ar mecanismos de filtragem



## Filtragem de ar - meio filtrante



Fibra do filtro limpo



Fibra do filtro com  
partículas retidas



## Classificação dos filtros de ar segundo ABNT NBR 16401- 3



## Classificação dos filtros de ar segundo ABNT NBR 16401- 3

Tabela 4 — Classificação de filtros de partículas de acordo com a EN 779: 2002

Tipo de filtros	Classe	Eficiência gravimétrica média $E_g\%$	Eficiência média para partículas de $0,4\ \mu\text{m}$ $E_f\%$
Grossos	G 1	$50 \leq E_g < 65$	---
	G 2	$65 \leq E_g < 80$	---
	G 3	$80 \leq E_g < 90$	---
	G 4	$90 \leq E_g$	---
Finos	F 5	---	$40 \leq E_f < 60$
	F 6	---	$60 \leq E_f < 80$
	F 7	---	$80 \leq E_f < 90$
	F 8	---	$90 \leq E_f < 95$
	F 9	---	$95 \leq E_f$



## Níveis de filtragem segundo ABNT NBR 16401- 3

Tabela 5 — Classe mínima de filtragem

Aplicação típica	Classe
Supermercado, <i>mall</i> de centros comerciais, agências bancárias e de correios, lojas comerciais e de serviços	G4
Escritórios, sala de reunião, CPD, sala de digitação, <i>call center</i> , consultórios	F5
Aeroporto – saguão, salas de embarque	F5
Aeroporto - torre de controle	G3 + F6
Biblioteca, museu – áreas do público	F5
Biblioteca, museu – exposição e depósito de obras sensíveis	G3 + F8
Hotéis 3 estrelas ou mais - apartamentos, <i>lobby</i> , salas de estar, salões de convenções	F5
Hotéis - outros, hotéis - apartamentos	G4
Teatro, cinema, auditório, locais de culto, sala de aula	F5
Lanchonete, cafeteria	G4
Restaurante, bar, salão de coquetel, discoteca, danceteria, salão de festas, salão de jogos	F5
Ginásio (áreas do público), <i>fitness center</i> , boliche, jogos eletrônicos	G4
Centrais telefônicas – sala de comutação	G3 + F6
Residências	G3
Sala de controle – ambiente eletrônico sensível	G3 + F6
Impressão – litografia, <i>offset</i>	G3 + F7
Impressão - processamento de filmes	G3 + F8

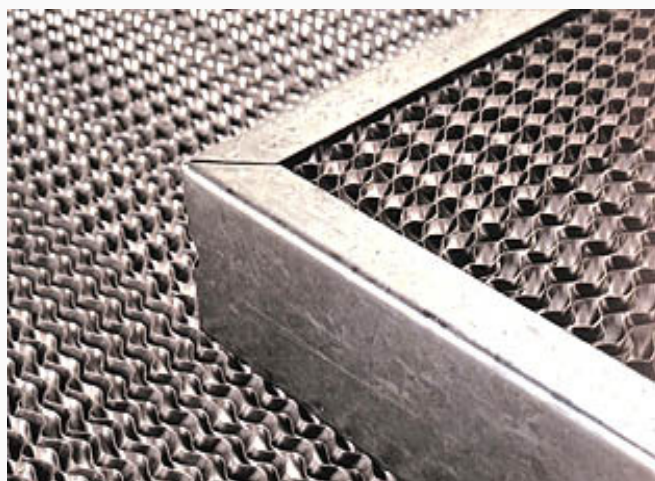
## Comparação entre normas

NBR6401 (cancelada em 04/09/08)		ASHRAE 52.1.1992		NBR 16401-3 (EN779) Classe	Eurovent 4/9 Classe
Classificação do filtro	Eficiência %	Eficiência gravimétrica % com pó sintético	Eficiência média % partículas de 0,4 $\mu$ m		
G0	30-59	$A_m < 65$	-	<b>G1</b>	EU1
G1	60-74	$65 \leq A_m < 80$	-	<b>G2</b>	EU2
G2	75-84	$80 \leq A_m < 90$	-	<b>G3</b>	EU3
G3	> 85	$90 \leq A_m$	-	<b>G4</b>	EU4
F1	40-69	-	$40 \leq E_m < 60$	<b>F5</b>	EU5
	40-69	-	$60 \leq E_m < 80$	<b>F6</b>	EU6
F2	70-89	-	$80 \leq E_m < 90$	<b>F7</b>	EU7
F3	> 90	-	$90 \leq E_m < 95$	<b>F8</b>	EU8
	> 90	-	$95 \leq E_m$	<b>F9</b>	EU9

## **Filtros grossos e finos**

**Como são os filtros grossos e finos?**

## **Filtros grossos - elementos permanentes**



**Filtro de alumínio corrugado**  
**Modelo: FMB**



**Filtro de telas sobrepostas**  
**Modelo: F716**

## Filtros grossos - elementos descartáveis



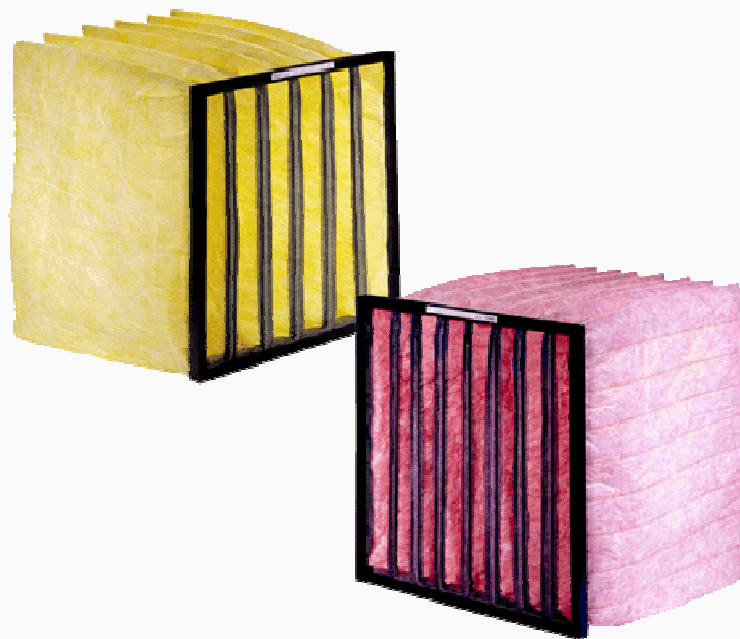
Filtros grossos em fibra de vidro e sintética



## Filtros grossos - elementos descartáveis



## Filtros finos - elementos descartáveis

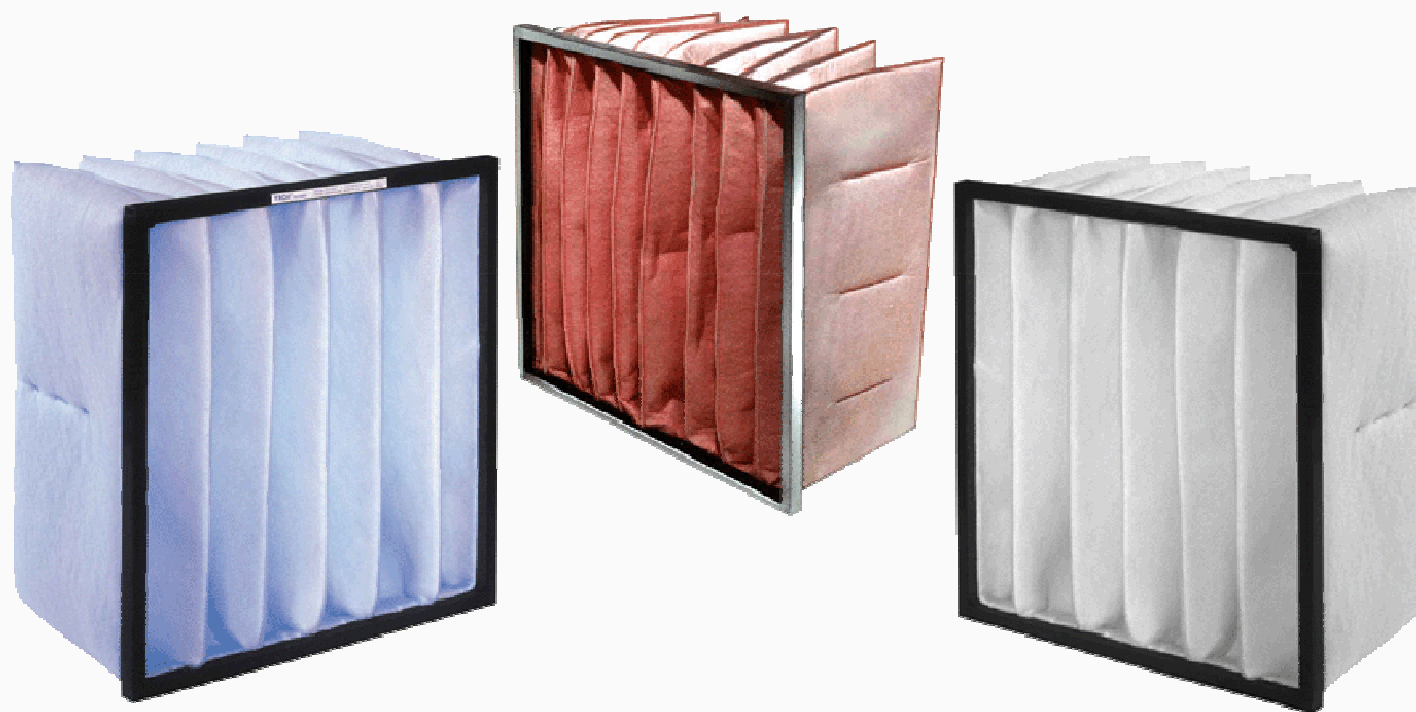


Filtros finos em micro fibra de vidro



Filtros finos microplissados

## **Filtros finos - elementos descartáveis**



**Filtros finos em fibra sintética**



## Filtros antimicrobianos

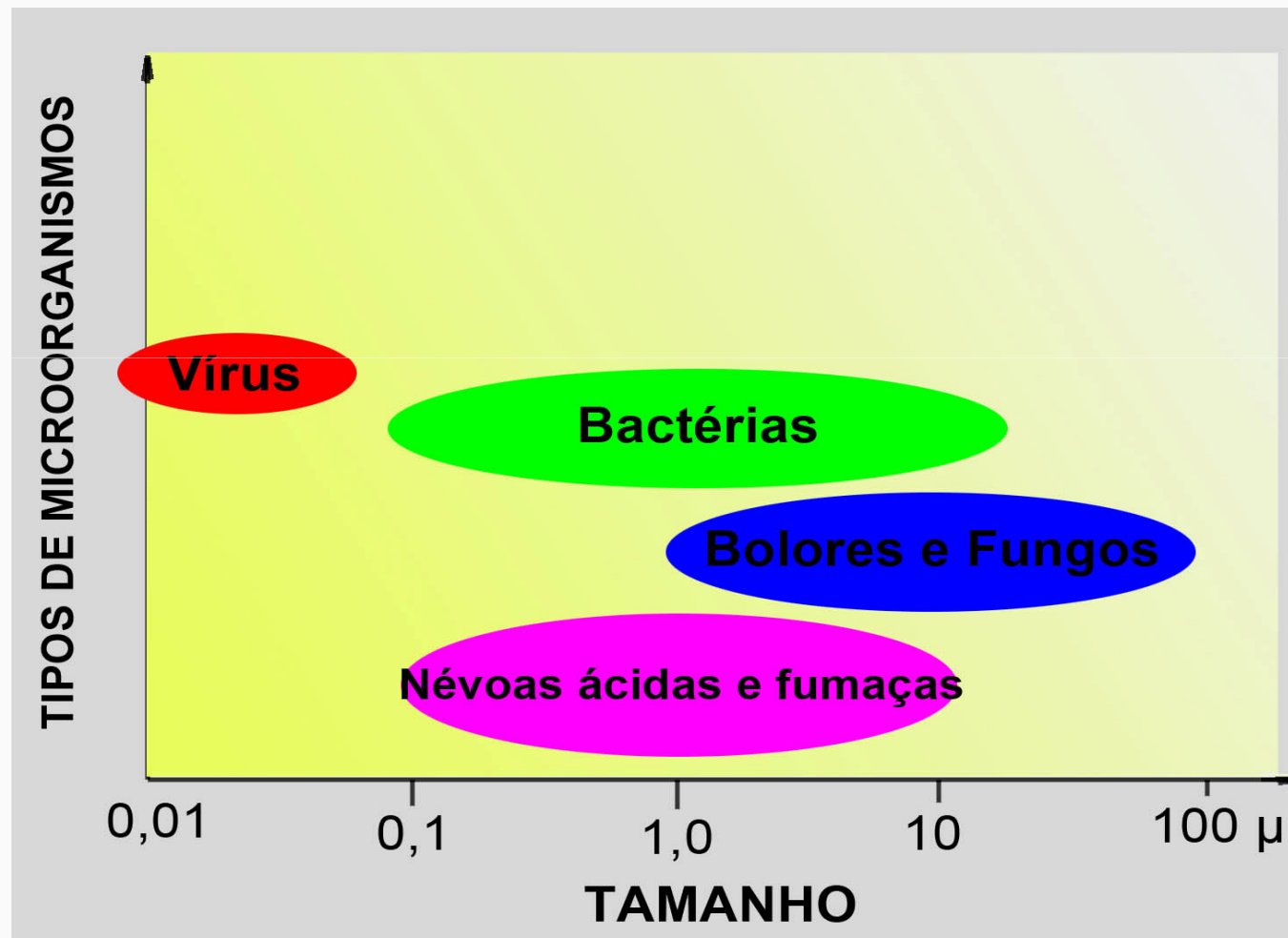


## Filtros antimicrobianos

Bactérias e vírus retidos nos filtros podem migrar e contaminar a face limpa.

- Por isso é importante destruir organismos vivos

## Filtros antimicrobianos



## Filtros antimicrobianos

### **ANTIMICROBIAL**

é uma substancia que destrói ou inibe o crescimento de microorganismos.

## Filtros antimicrobianos

**AGENTE UTILIZADO:**

**SPOR-AX**

- Incorporado ao adesivo do filtro
- É parte integrante do adesivo

## Filtros antimicrobianos

**FDA**

**175.105**

**Componentes  
de adesivos**

**175.300**

**Ingredientes  
em coberturas  
resinosas e  
poliméricas**

**177.2600**

**Ingredientes  
em artigos de  
borracha**

**REGISTRO NO  
EPA Nº 48301-24**

**USDA  
DEPTO DE  
AGRICULTURA  
DOS EUA**

**Ingredientes  
em pintura de  
latex**

**Dispersão de  
pigmentos,  
adesivos**

**APROVAÇÕES DO SPOR-AX**

## **Filtros antimicrobianos**

**Alternaria sp.  
Aspergillus terreus  
Aspergillus oryzae  
Aspergillus niger  
Aspergillus versicolor  
Aspergillus flavus  
Aureobasidium pullulans  
Bacillus subtilis  
Ceratocystis virescens  
Ceratocystis pluriannulata  
Chaetominum globosum  
Coriolus versicolor  
Diplodia sp.**

**Enterobacter aerogenes  
Fusarium oxysporum  
Gleophyllum trabeum  
Myrothecium verrucaria  
Paecilomyces varoti  
Penicillium funiculosum  
Penicillium citrinum  
Salmonella typhimurium  
Schizophyllum commune  
Staphylococcus aureus  
Streptococcus faecalis  
Trichoderma viride  
Trichoderma sp.**

**BACTÉRIAS CONTRA AS QUAIS  
O SPOR-AX É EFICIENTE**



## Filtros antimicrobianos

A EFICIÊNCIA ESPERADA PELO USO DE FILTROS ANTIMICROBIANOS É COMO SE SEGUE:

1. Durante a troca dos filtros de ar, os trabalhadores estarão protegidos de contaminação causada por germes vivos retidos nos filtros. A propagação destes germes vivos para o ambiente também será evitada.
2. Micróbios, que geralmente ficam presos na saída de ar dos filtros de ar, quando se desliga a instalação, por exemplo à noite, serão esterilizados.



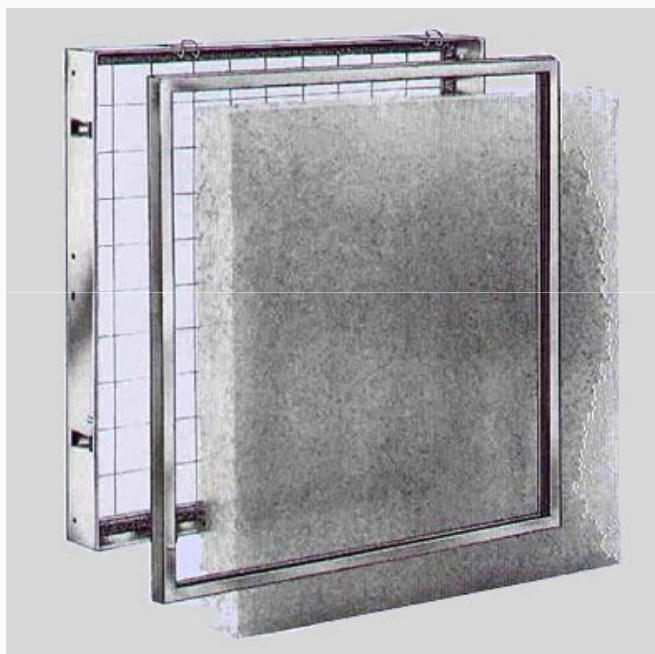
## Filtros antimicrobianos

- 3) Mesmo quando ocorre um acidente não esperado, como uma ruptura da superfície do filtro, a propagação de micróbios será impedida por esterilização antes que tal acidente ocorra.
- 4) Aumento da resistência dos filtros de ar e emissão de cheiro de mofo causado pelo aumento de micróbios presos na superfície do filtro serão também impedidos.
- 5) Superfícies de filtro podem ser descartadas com segurança porque os germes vivos que ficam presos na superfície do filtro foram esterilizados.

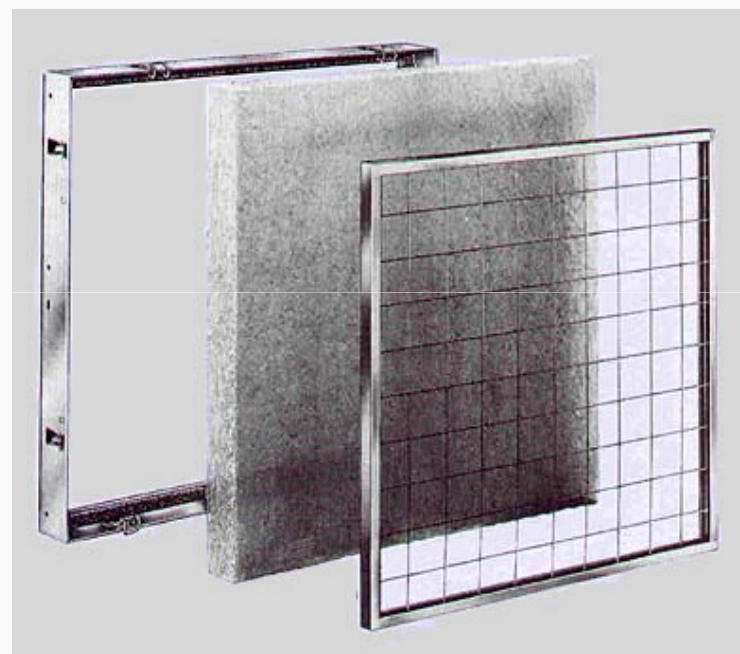
## **Estruturas de instalação**

**Instalação de filtros grossos e finos**

## Filtros grossos- moldura padrão

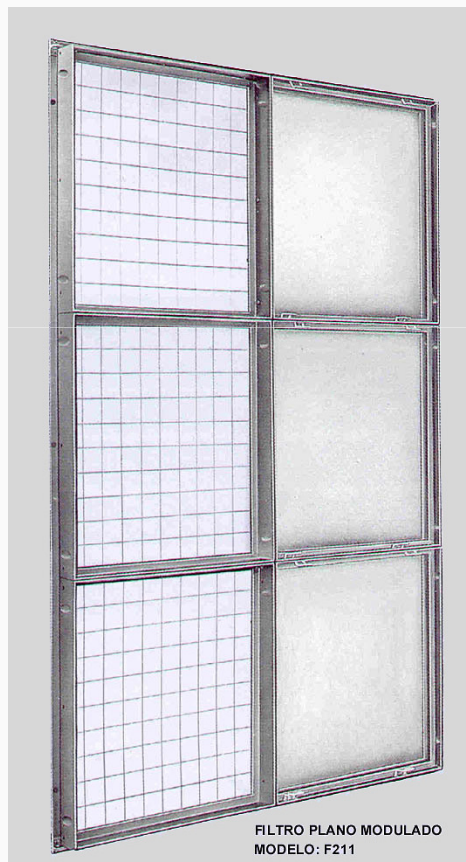


Moldura padrão



Moldura padrão com fluxo reverso

## Filtros grossos - tipos de estruturas



Montagem em  
paredes



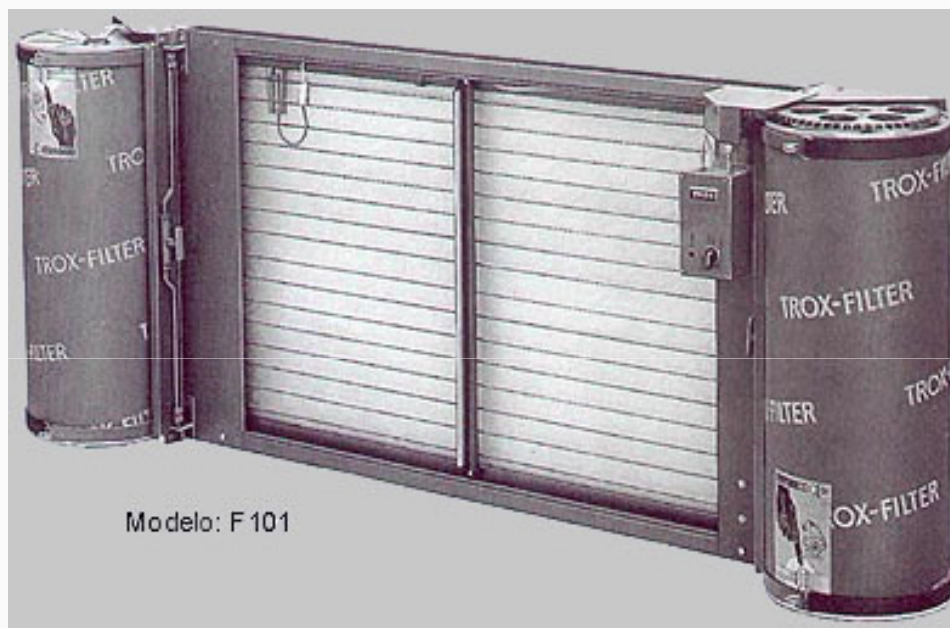


## Filtros grossos - tipos de estruturas

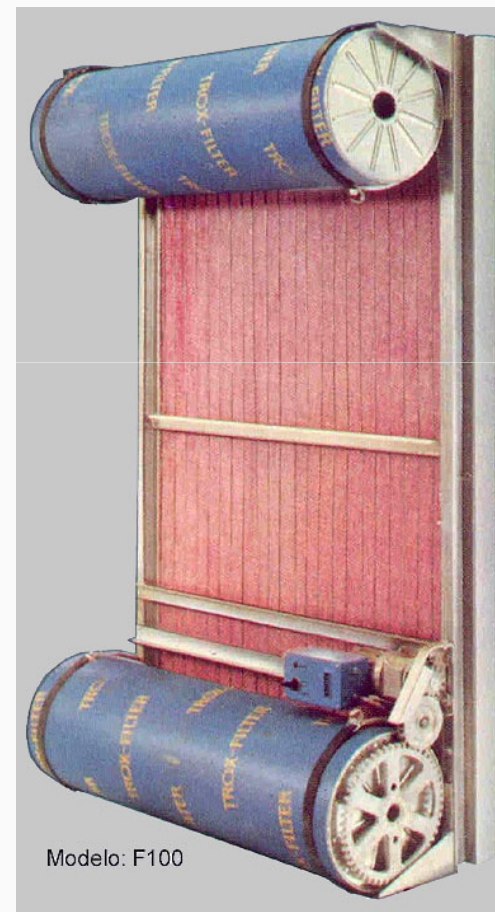


Montagem  
em dutos

## Filtros grossos - estrutura automática



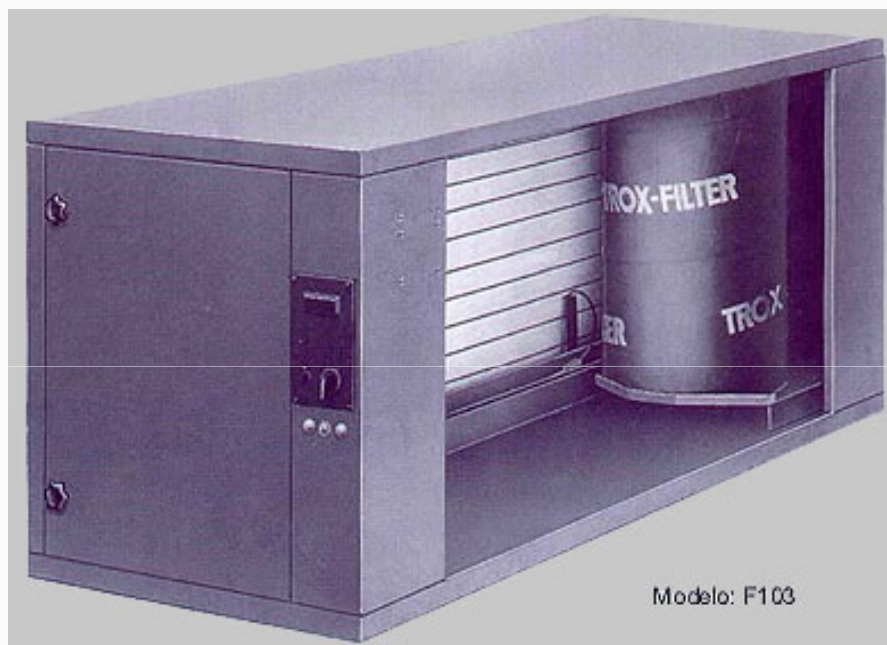
Modelo: F 101



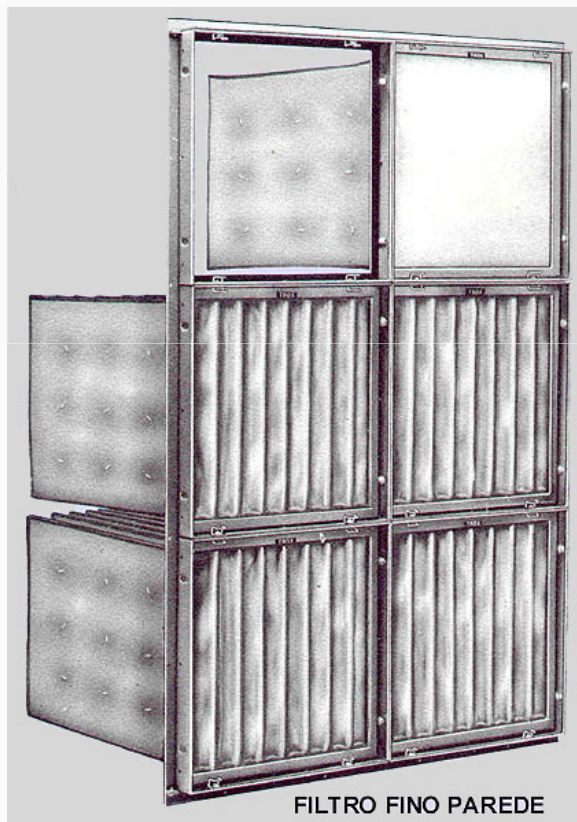
Modelo: F100



## Filtros grossos - estrutura automática



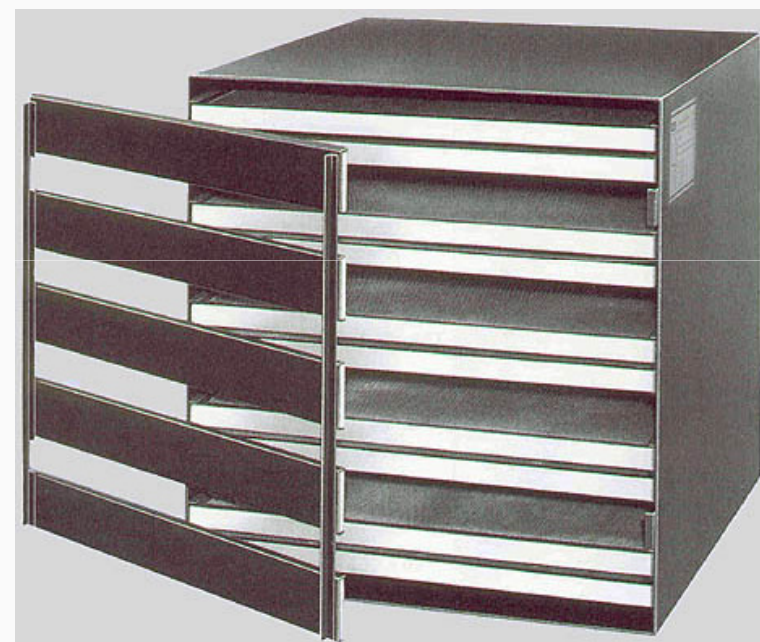
## Filtros finos - tipos de estruturas



## Filtros de carvão ativado



Filtro Carvão para  
montagem em dutos



Filtro Carvão para  
montagem em paredes



## **Filtros absolutos**

Como são os filtros absolutos

## Filtros absolutos

High Efficiency Particulate Air filter

# HEPA filter

Ultra Low Penetration Air filter

# ULPA filter

## Classificação dos filtros HEPA e ULPA

Grupo do Filtro	Classificação do filtro	Mínimo MPPR* Eficiência integral em %	Penetração em %	Eficiência local em %	Penetração em %
H	10	85	15	-	-
H	11	95	5	-	-
H	12	99.5	0.5	97.5	2.5
H	13	99.95	0.05	99.75	0.25
H	14	99.995	0.005	99.975	0.025
U	15	99.9995	0.0005	99.9975	0.0025
U	16	99.99995	0.00005	99.99975	0.00025
U	17	99.999995	0.000005	99.999975	0.000025

\*Maior penetração por tamanho de partícula



## **Filtros absolutos - elementos descartáveis**

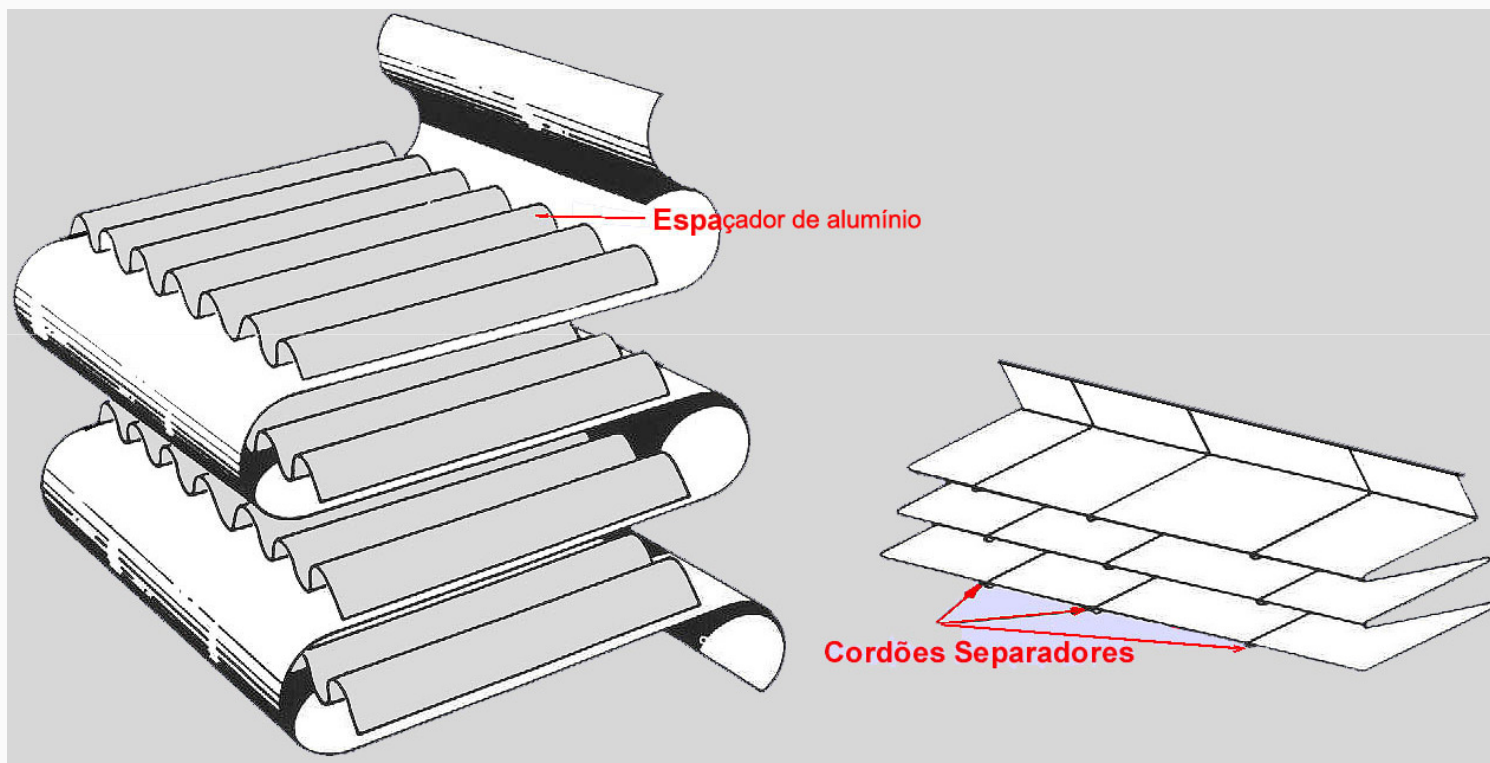


**Filtro absoluto plano**



**Filtro absoluto em cunha**

## Filtros absolutos - tipos de construção

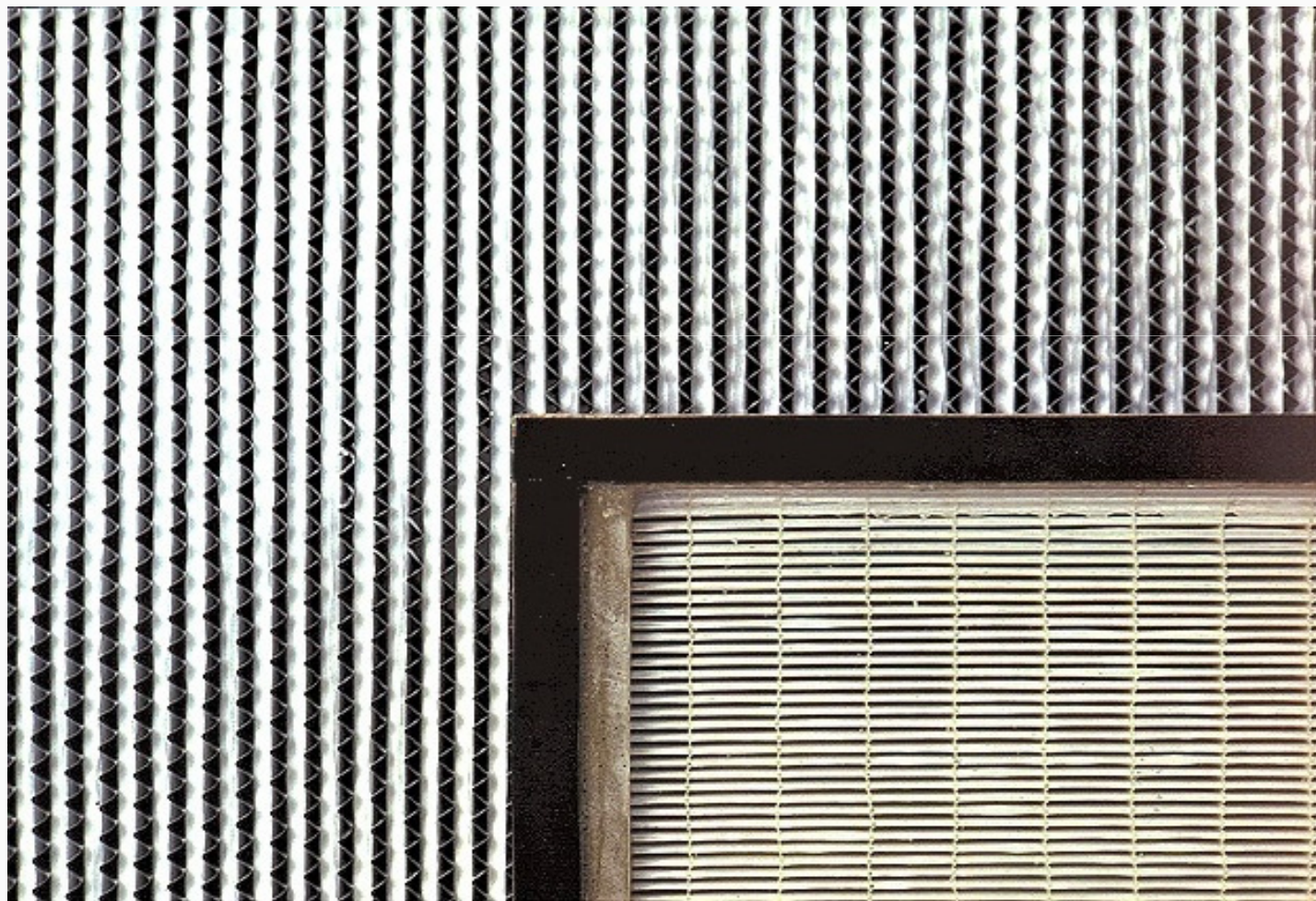


Conceito Americano

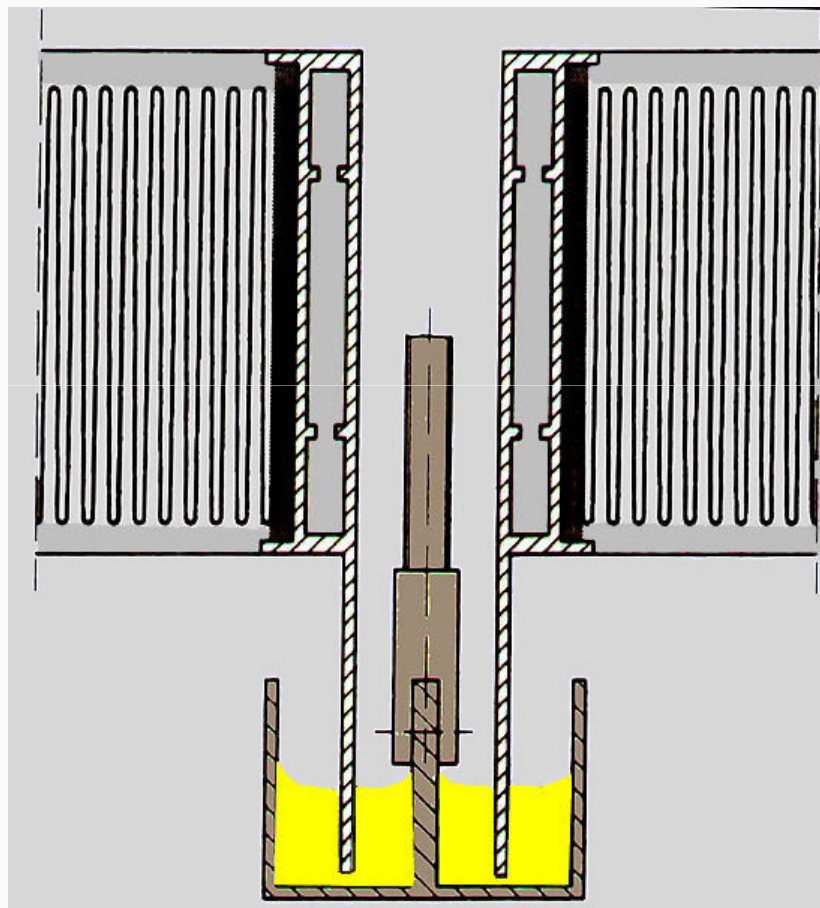
Conceito Europeu



## **Filtros absolutos - tipos de construção**

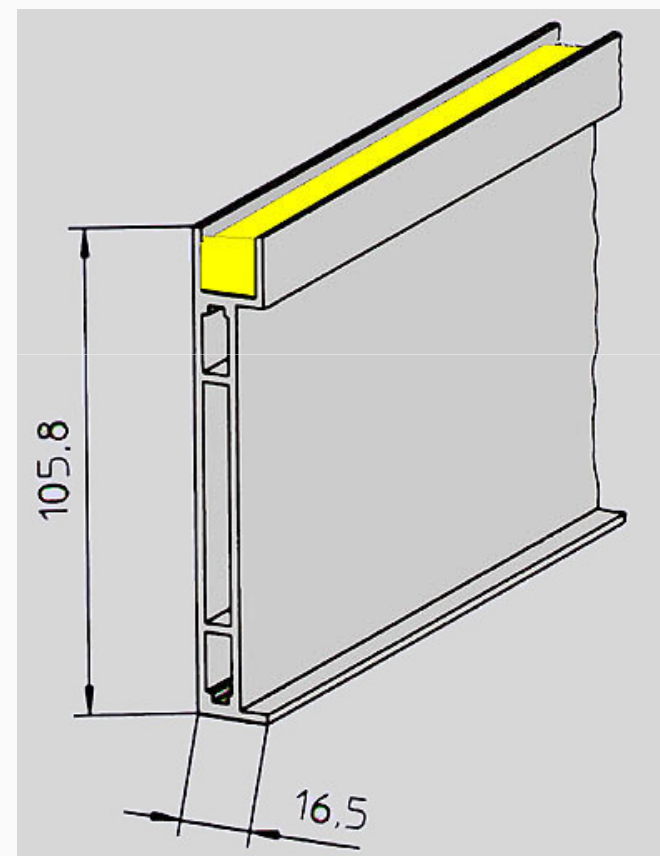
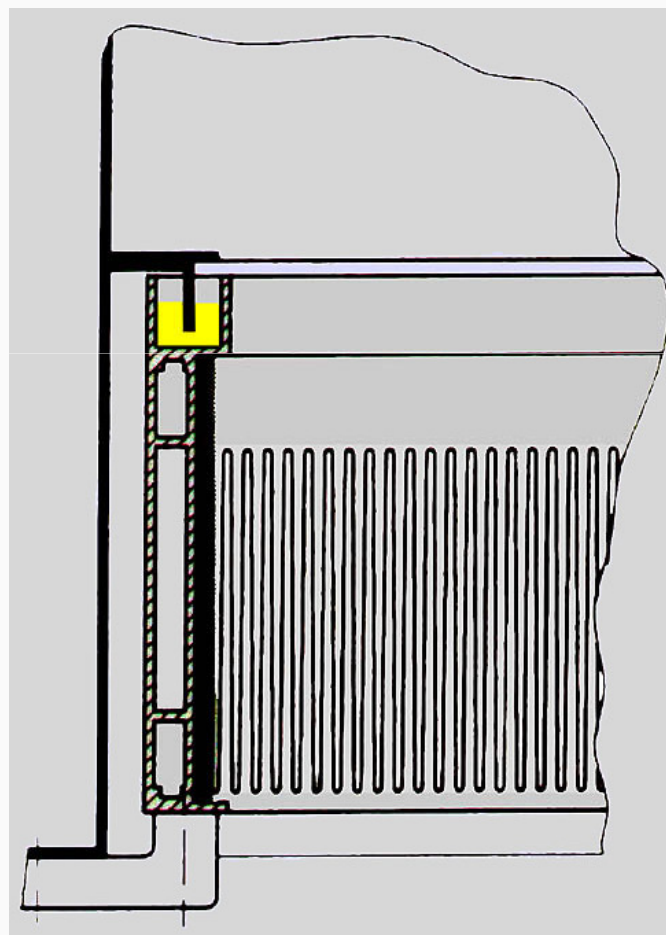


## Filtros absolutos - tipos de construção



Sistema de montagem no teto com selo fluido

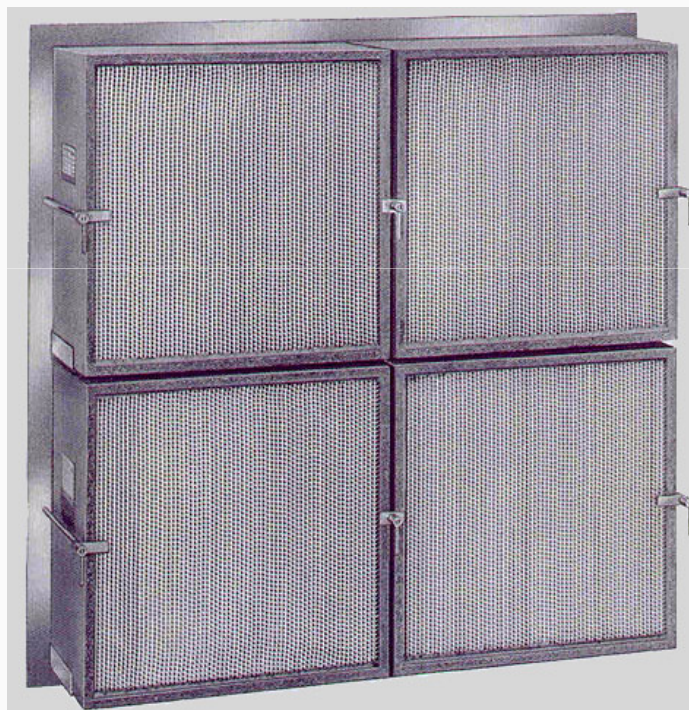
## Filtros absolutos - tipos de construção



Filtro plissado com gaxeta líquida



## Filtros absolutos - tipos de estruturas



Filtro absoluto para  
montagem em paredes



Filtro absoluto para  
montagem em dutos

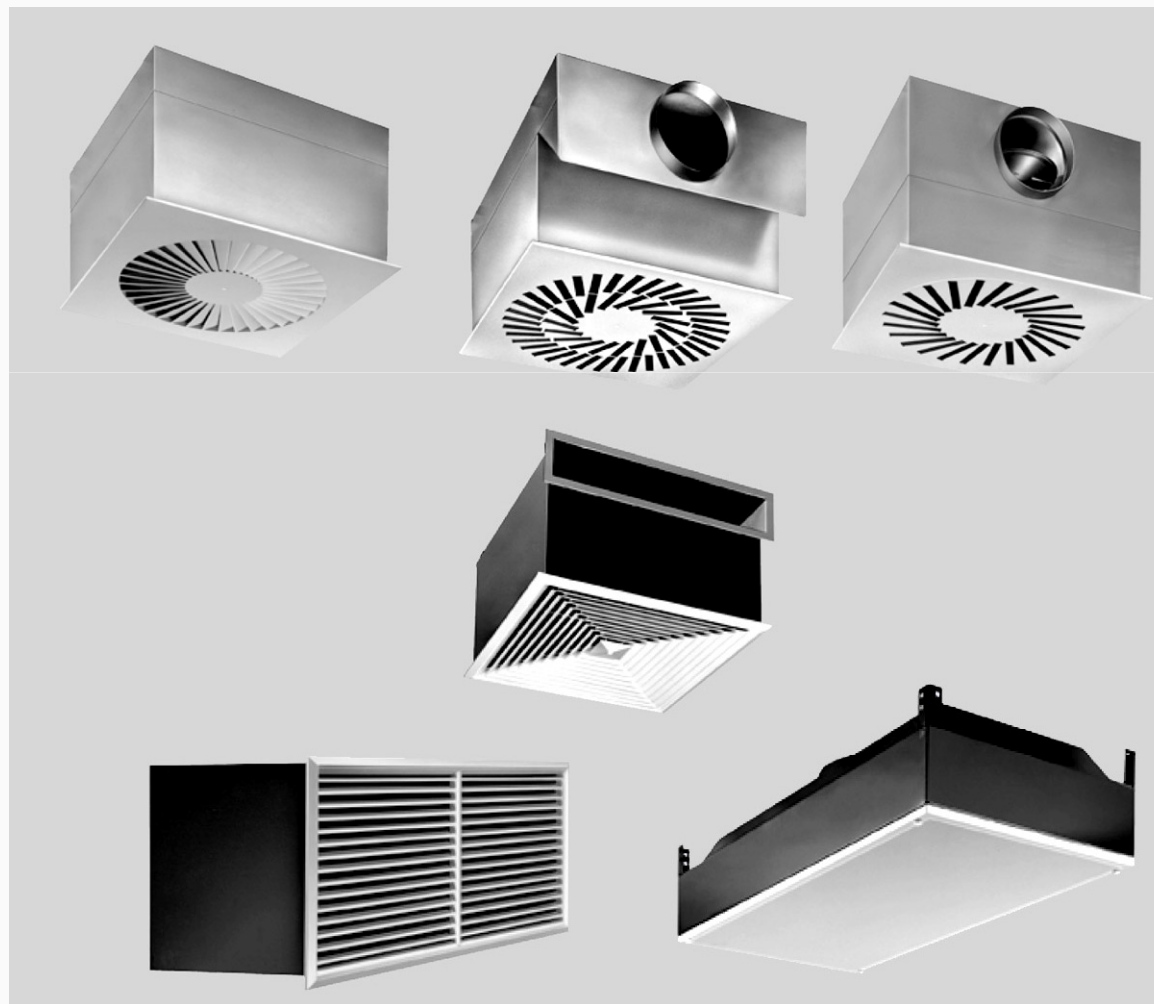


## Filtros absolutos - caixas terminais

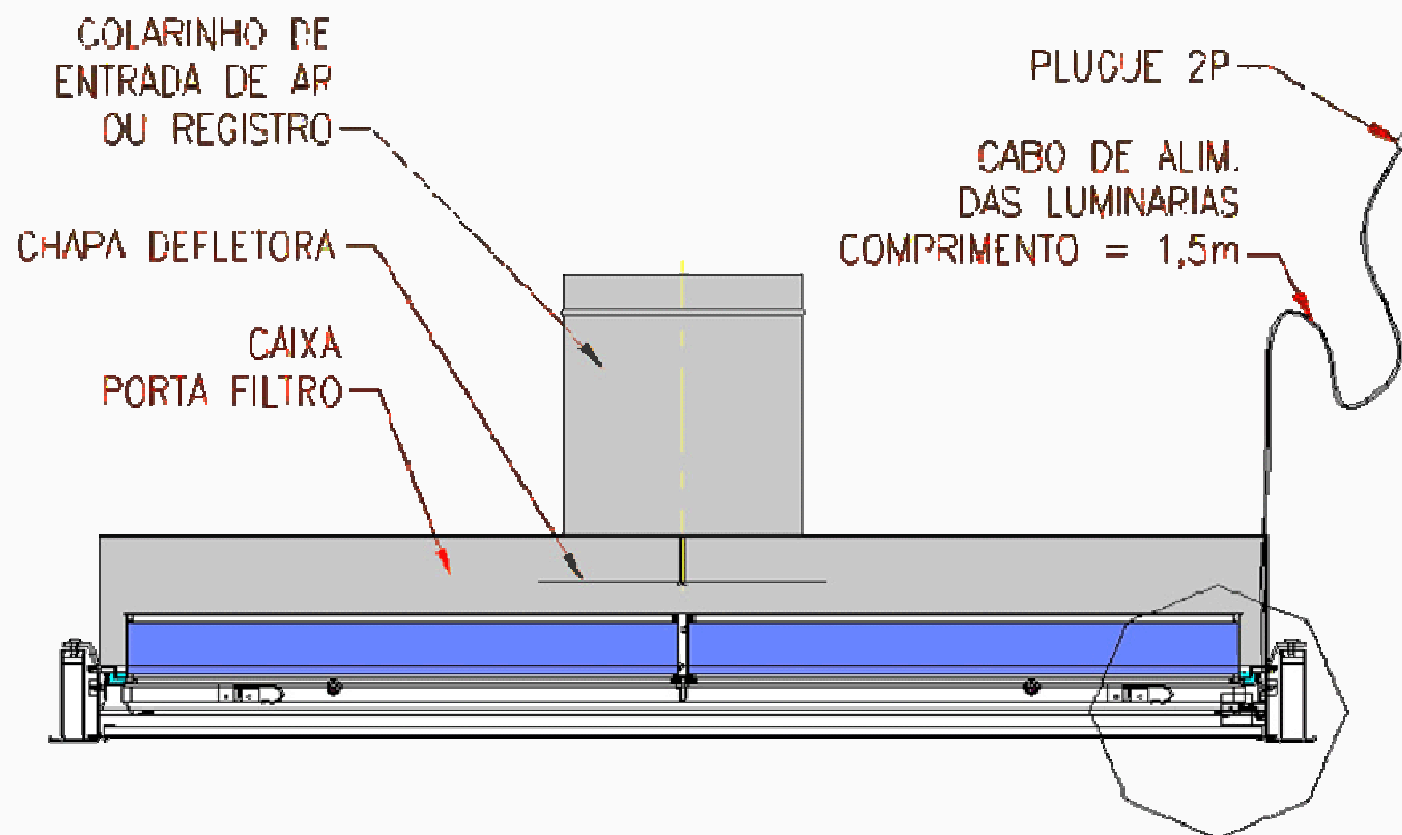


Detalhe da caixa terminal para filtros absolutos

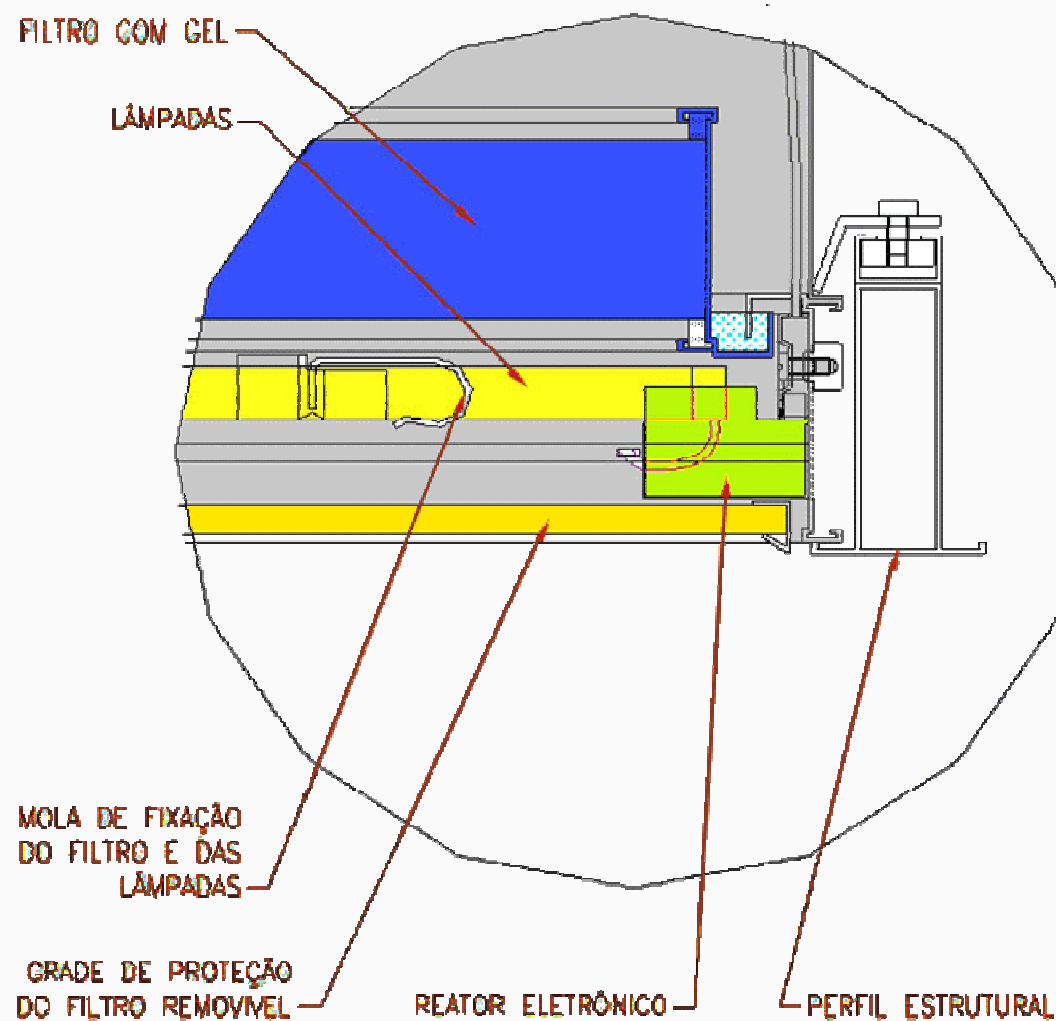
## Filtros absolutos - caixas terminais



## Forro Filtrante - FPGE



## Forro Filtrante - FPGE

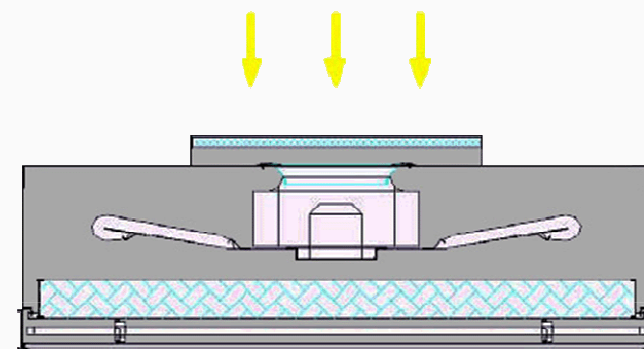


## **Forro Filtrante - FPGE**





## Fan Filter – Forro Filtrante



→ AR PRE-FILTRADO

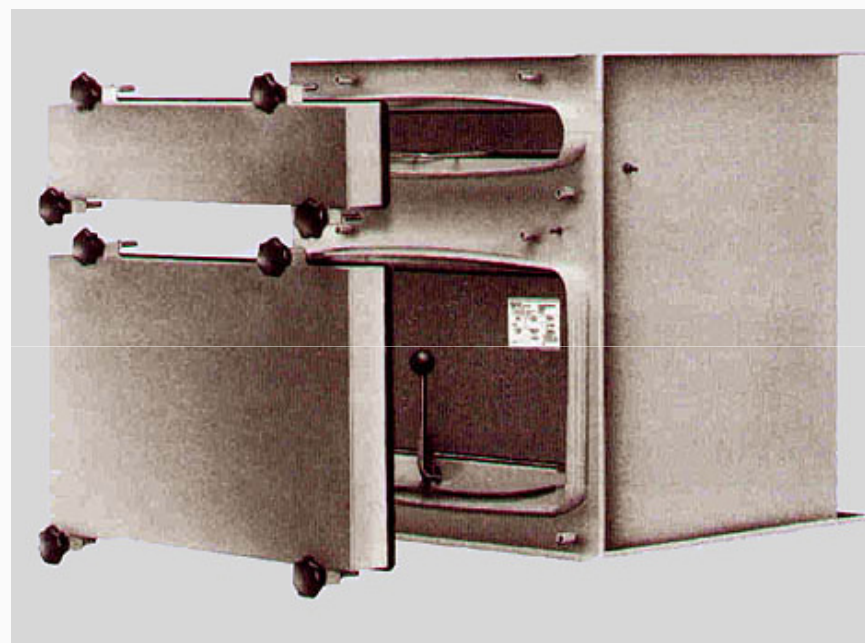
→ AR FILTRADO



## Fan Filter – Forro Filtrante



## Estrutura BAG IN BAG OUT



BAG IN BAG OUT com pré filtro



## Filtros absolutos - estrutura BAG IN BAG OUT



LAFEPE, Recife -PE

## Filtros absolutos - estrutura BAG IN BAG OUT



Inova - Juatuba MG

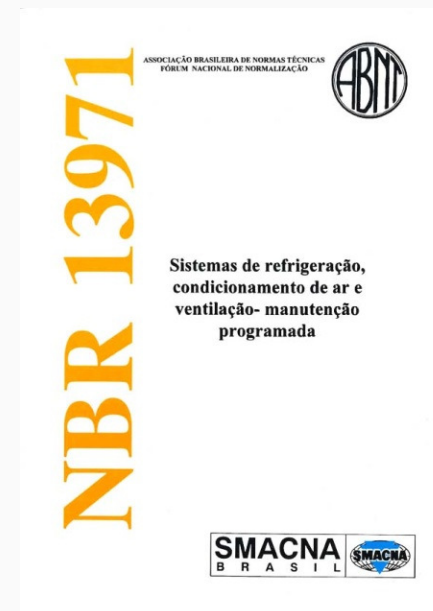
# **Manutenção dos Filtros de ar**



## Documento base

### **NORMA ABNT: NBR 13971 (SET1997)**

## SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO, CONDICIONAMENTO DE AR E VENTILAÇÃO - MANUTENÇÃO PROGRAMADA





## **Documento base**

### **NORMA ABNT: NBR 13971 (SET1997)**

#### **Objetivo**

Esta Norma estabelece orientações básicas para as atividades e serviços necessários na manutenção programada de conjuntos e componentes em sistemas e equipamentos de refrigeração, condicionamento de ar e ventilação.

## **Documento base**

### **NORMA ABNT: NBR 13971 (SET1997)**

Nesta norma temos em forma de tabela os tópicos para manutenção, como por exemplo:

- Ventiladores
- Trocadores de calor
- Umidificadores
- Dutos
- Filtros de ar
- Etc.

## **Conforme NBR 13971**

### **4.2 Pré-requisitos da instalação**

Para execução da manutenção programada a instalação deve atender a:

- facilidade de acesso
- iluminação adequada
- ponto de energia elétrica compatível
- pontos de água e drenagem
- casa de máquinas limpa e livre de objetos que não tenham uma função determinada  
(veremos ex. posteriormente)

## **Conforme NBR 13971**

### **Manutenção nos filtros de ar**

- Certificar-se que a máquina está desligada antes de remover os painéis ou abrir portas
- Verificar existência de sujeira, danos, corrosão
- Limpar e vedar frestas da estrutura
- Medir e registrar diferencial de pressão
- Verificar ajuste da moldura do filtro na estrutura
- Substituir o elemento filtrante.
- Completar fluido do manômetro

## Estrutura de filtros



## **Operação e manutenção dos sistemas novos**

**Uma vez instalados os quadros molduras e filtros e terminada toda a obra o sistema está pronto a operar?**

- Os dutos e máquinas estão limpos?
- Não há vazamentos nos dutos? Atenção especial a curvas, cotovelos e juntas onde há elementos próprios (dampers de regulação, dampers corta fogo, porta de inspeção).
- Meça registre o  $\Delta P$  inicial de todos os estágios de filtragem.



## **Operação e manutenção dos sistemas novos**

- Seria recomendável ter um jogo de filtros montado durante a instalação e um jogo novo para colocar no início da operação.
- Em intervalos de tempo reguláveis meça e anote o  $\Delta P$  de cada filtro.
- Compare com os dados de projetos (não do fabricante do filtro).
- Se a pressão nunca subir, deve haver filtro danificado
- Se a pressão subir demais entre uma verificação e outra cheque senão houver nenhum problema especial, tormentas, liberação de fumos da caldeira, etc.

## **Operação e manutenção dos sistemas antigos**

### **Troca de filtros**

- Verifique se tem filtros em quantidade para a substituição. Desligue o sistema.
- Certifique-se que os novos filtros são idênticos ou equivalentes aos anteriores.
- Troque os filtros. Verifique se tem sacos para descarte dos filtros sujos.
- Faça inspeção visual para verificar se não há nenhum mau assentamento do filtro novo na moldura de montagem.

## **Operação e manutenção dos sistemas antigos**

- As gaxetas estão em ordem?
- Limpe a casa de máquina (máquina, duto) para garantir que toda a sujeira foi removida.

## **Operação e manutenção dos sistemas antigos**

- Se os filtros forem de encaixe tipo gaxeta certifique-se que não ficaram espaços entre molduras de filtros.
- Cuidados especiais para FILTROS HEPA (ULPA). Os filtros HEPA e ULPA pela sua delicadeza e sofisticação necessitam de cuidados especiais, são normalmente transportados em caixas de papelão apropriadas que não devem ser armazenadas (empilhadas / em nº maior que 3).

## **Manutenção dos sistemas de filtrações**

### **Quando trocar os filtros?**

**Resposta:** Esse dado depende do tipo de instalação e do local onde a mesma se encontra. Apenas o título informativo dados experimentais indicam que os pré-filtros planos normalmente se trocam a cada mês e os filtros finos (que tenham pré-filtro) a cada 8 meses. A instalação de manômetros adequadas permite uma verificação e definição adequada. Deverá haver 1 manômetro para cada estágio de filtração.

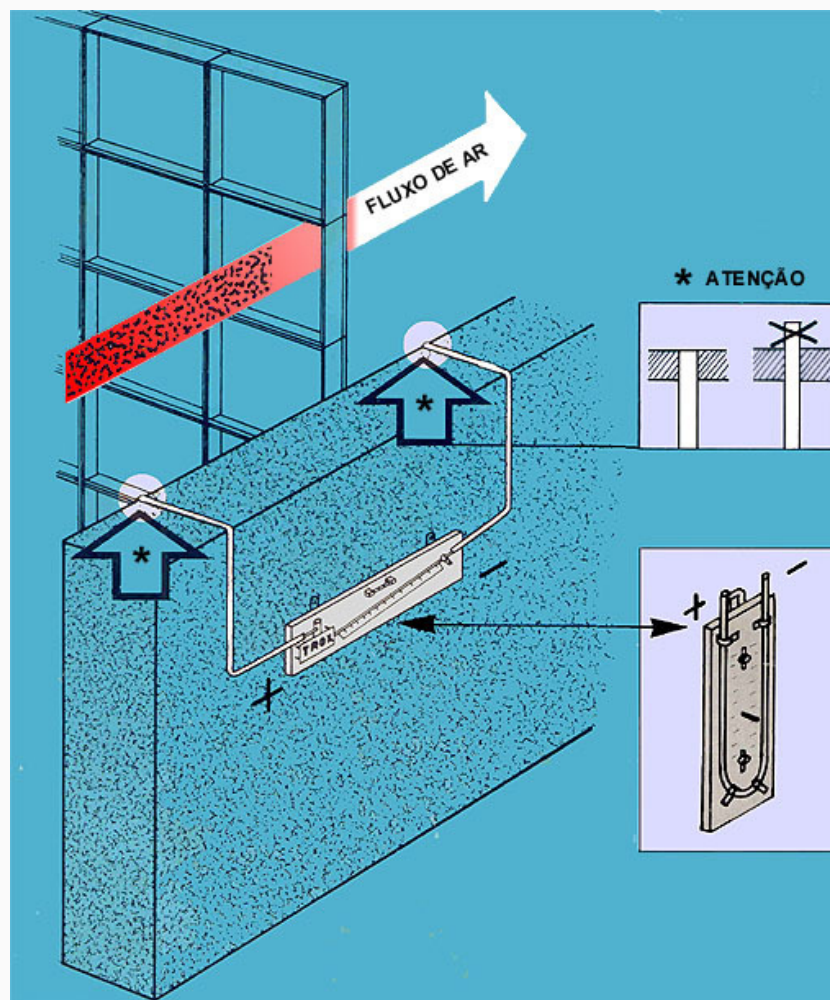
## Manômetros



Manômetros diferenciais para medição  
de perda de carga dos filtros



## Manômetros



Instalação correta do manômetro diferencial

## **Filtros absolutos - estrutura BAG IN BAG OUT**



Caixa com duplo  
filtro absoluto ou  
com filtro de  
carvão ativado

## Substituição do elemento filtrante

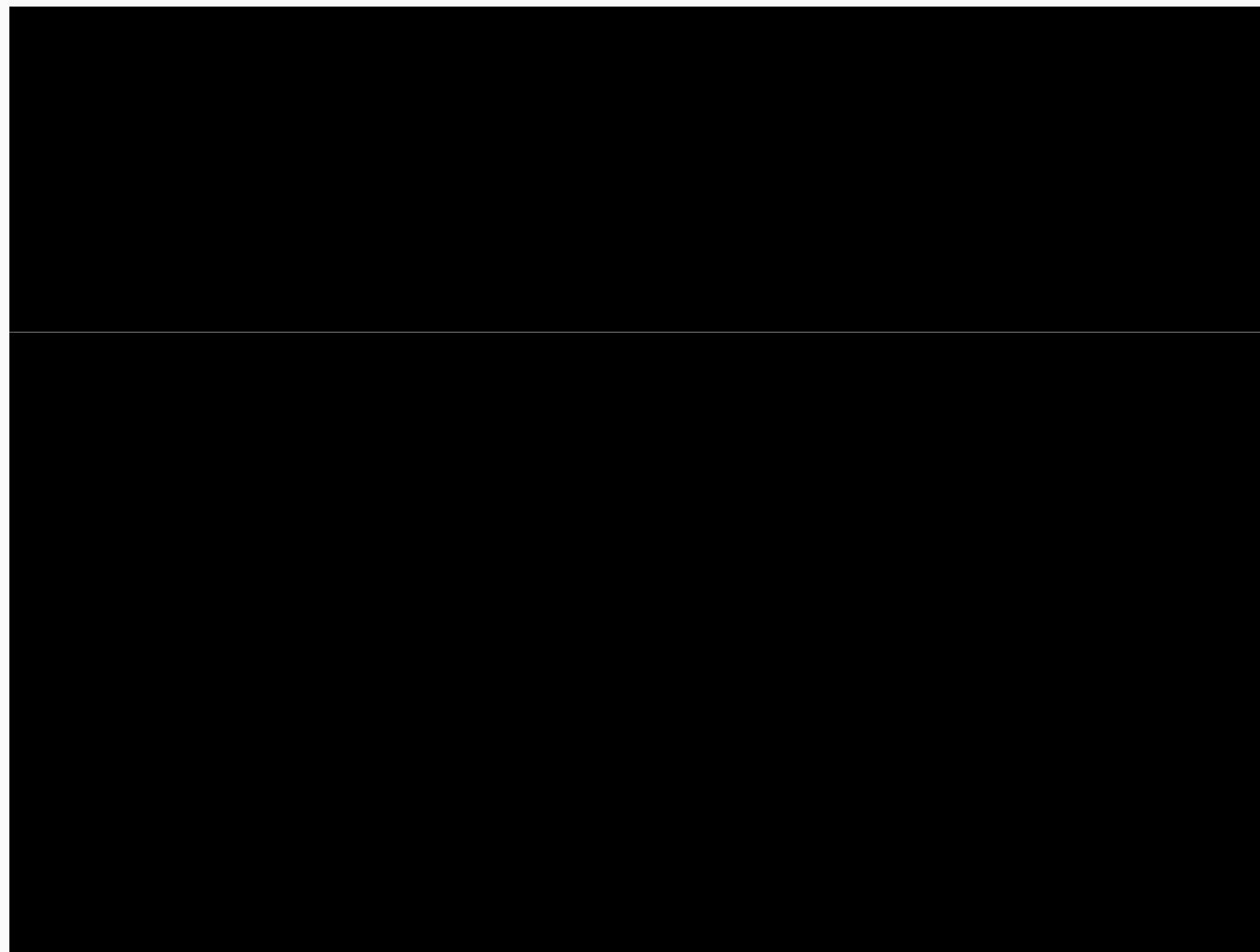
Colocação do  
primeiro elemento  
filtrante

## **Manutenção dos sistemas de filtragens**

### **Procedimento de substituição dos filtros absolutos:**

- Retirar o filtro com cuidado para não danificar o papel.
- Verificar se não há ruptura normal do papel ou da gaxeta.
- Retire o filtro a substituir e coloque na caixa de saco apropriado para remoção.
- Se for um banco de filtros comece por um dos cantos em baixo e troque todo uma coluna.
- Verifique se os mecanismos de fixação estão apertados uniformemente.

## **Filme sobre substituição de filtro absoluto**





## **Casa de máquinas**

### **Portaria nº 3.523/GM, de 28 de agosto de 1998**

Art. 5º - d) restringir a utilização do compartimento onde está instalada a caixa de mistura do ar de retorno e ar de renovação, ao uso exclusivo do sistema de climatização. É proibido conter no mesmo compartimento materiais, produtos ou utensílios.

**NBR 13971** – 4.2 Pré-requisitos – casa de máquinas limpa e livre de objetos que não tenham uma função determinada

## Maus exemplos





## Maus exemplos



**PERGUNTAS?**

**TROX DO BRASIL, DIFUSÃO DE AR,  
ACÚSTICA, FILTRAGEM E  
VENTILAÇÃO LTDA.**

Rua Alvarenga, 2025  
CEP 05509-005 – São Paulo – SP  
Fone: 11 3037-3900  
Fax: 11 3037-3910  
Email: [trox@troxbrasil.com.br](mailto:trox@troxbrasil.com.br)  
Site: <http://www.troxbrasil.com.br>